



Modélisation et simulation de réseaux de neurones impulsionnels

Olivier Rochel

► To cite this version:

Olivier Rochel. Modélisation et simulation de réseaux de neurones impulsionnels. Journées scientifiques du Centre Charles Hermite (CCH), Feb 2001, Vandoeuvre-lès-Nancy, France, 2 p. inria-00107537

HAL Id: inria-00107537

<https://inria.hal.science/inria-00107537>

Submitted on 19 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation et simulation de réseaux de neurones impulsionnels

Olivier Rochel
LORIA - INRIA Lorraine
Campus scientifique B.P. 239
F-54506 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex
E-mail : rochel@loria.fr

Neurones impulsionnels

Il est connu que les neurones biologiques sont des systèmes dynamiques à temps continu qui communiquent par l'intermédiaire d'impulsions, appelées potentiels d'action ou 'spikes'. Ainsi, les neurones déchargent avec une latence plus ou moins longue et dépendante de l'activation qu'ils reçoivent. Avec ce type de codage, la transformation se fait du domaine analogique vers le domaine temporel.

Un important domaine de recherche en neuroscience est d'élucider le moyen par lequel les neurones biologiques encodent l'information sensorielle. Il était jusqu'alors généralement accepté que seule la fréquence d'émission des impulsions véhicule l'information utile. Dans un contexte de traitement rapide de l'information, de nombreuses données expérimentales ont cependant mis en évidence le rôle de la structure temporelle des impulsions dans le codage neuronal [6].

D'autres types de codage ne prenant en compte que quelques spikes ont alors été proposés comme alternatives, par exemple un codage par ordre de décharge utilisant l'asynchronisme entre les neurones [9]. Plusieurs modèles de réseaux de neurones artificiels basés sur ce codage ont montré qu'il est possible d'effectuer des tâches de reconnaissance visuelle extrêmement rapidement avec seulement un spike par neurone, e.g. [9, 7].

Objectifs

Cette recherche est motivée par le désir d'améliorer la compréhension du traitement de l'information dans les réseaux de neurones biologiques mais aussi et surtout par le but de développer de nouvelles technologies de traitement de l'information. D'autre part, les modèles neuromimétiques à codage impulsif peuvent combiner les avantages des techniques analogiques pour le calcul (i.e. compacité et faible consommation des composants VLSI) avec la robustesse des techniques digitales pour la transmission de l'information. Ces modèles sont donc particulièrement attractifs pour des applications embarquées ou portables et des implantations matérielles.

Toutefois, il n'existe pas actuellement de modèle de réseau de neurones impulsif standard, et en particulier aucun algorithme d'apprentissage parfaitement adapté, ce qui freine leur utilisation dans des applications réelles. Les recherches actuelles demandent des travaux de simulation de réseaux de grandes tailles, combinant des résultats théoriques et des connaissances biologiques, afin d'obtenir des systèmes complètement fonctionnels.

Simulation et parallélisme

La dynamique des réseaux de neurones impulsifs est décrite par des systèmes d'équations différentielles qu'il n'est en général pas possible de résoudre analytiquement. On trouve dans la

littérature deux approches pour simuler ces réseaux :

- L’approche événementielle : la simulation du réseau est dirigée par l’occurrence des émissions d’impulsions.
- L’approche intégration numérique : les équations différentielles sont approximées par des méthodes d’intégration numérique, l’état du réseau est évalué à des instants a priori sans rapport avec les temps d’émission des impulsions.

La première approche a conduit à quelques travaux de recherche récents [5, 3]. Cette approche est malheureusement peu adaptée aux modèles les plus complexes, et les performances parallèles atteintes ne sont pas encourageantes pour des réseaux comportant un grand nombre de neurones. La seconde approche est moins restrictive quant aux modèles simulés ; une variante, inspirée d’une méthode de simulation de circuits électroniques, semble prometteuse pour une utilisation sur machine parallèle [8].

Indépendamment du choix entre ces approches, il existe actuellement deux types de simulateurs de réseaux de neurones impulsionnels :

- Les programmes GENESIS [1] et NEURON [4] ont été conçus pour modéliser et simuler de nombreux détails biophysiques neuronaux comme la cinétique des canaux ioniques membranaires par exemple. Leur niveau de détail est tel qu’il interdit malheureusement toute simulation réaliste de réseaux de grandes tailles.
- Le programme SpikeNET [2] a déjà permis de simuler des réseaux de 400 000 neurones impulsionnels car le modèle de neurone utilisé est suffisamment simple pour que les équations différentielles décrivant la dynamique des réseaux puissent être partiellement résolues analytiquement. Cette simplicité restreint fortement le choix des modèles de neurones (et de réseaux) utilisables.

La principale réalisation envisagée dans cette étude est un simulateur qui se trouvera entre ces deux extrêmes. Il sera suffisamment réaliste au niveau biologique pour simuler des neurones impulsionnels et suffisamment simple pour permettre une simulation temps

réel d’un réseau de grande taille sur machine parallèle.

Références

- [1] J.M. Bower and D. beeman. *The Book of GENESIS: exploring realistic neural models with the General Simulation System*. Springer, 1998.
- [2] A. Delorme, J. Gautrais, R. Van Rullen, and S. Thorpe. Spikenet: A simulator for modeling large networks of integrate and fire neurons. *Neurocomputing*, 26:989–996, 1999.
- [3] Cyprian Graßmann and Joachim K. Anlauf. Distributed, event driven simulation of spiking neural networks. In *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC’98)*, 1998.
- [4] M.L. Hines and N.T. Carnevale. The neuron simulation environment. *Neural computation*, 9:1179–1209, 1997.
- [5] Maurizio Mattia and Paolo Del Giudice. Efficient event-driven simulation of large networks of spiking neurons and dynamical synapses. *Neural Computation* 12,2305-2329, 2000.
- [6] F. Rieke, D. Warland, R. Van Steveninck, and W. Bialek, editors. *Spikes: exploring the neural code*. MIT-Press, 1998.
- [7] Ruffin Van rullen, Jacques Gautrais, Arnaud Delorme, and Simon Thorpe. Face processing using one spike per neurone. *Biosystems*, 48:229–239, 1998.
- [8] E.A. Thomas. A parallel algorithm for simulation of large neural networks. *Journal of Neuroscience Methods* 98 (2000) 123-134, 2000.
- [9] Simon Thorpe and Jacques Gautrais. Rapid visual processing using spike asynchrony. In *Advances in neural information processing systems* 9, volume 9, pages 901–907, Proc. of the 1996 Conference in Denver, 1997.